

第一世代の再生専用DVD（容量：4.7Gバイト／面）が市場に投入されてから約1年が経過し、米国を中心に市場も順調に立ち上がり始めた。期待の大きい書換えできるDVD、DVD-RAM（相変化媒体。容量：2.6Gバイト／面）は、97年7月にフォーマットが定まり、98年早々には市場に投入される。一方、VTR代替も可能な書換えできるDVD（容量：～5Gバイト／面）や高精細DVD（容量：～15Gバイト／面）を実現する新しい技術開発がスタートした。ここでは、これら次世代向け高密度化技術の動向を述べるとともに、DVDが、SD(standard definition)からHD(high definition)へとパラダイムシフトしながら発展することも述べる。

Read-only DVD (DVD-Video/ROM: 4.7 GB/side) drives were introduced on the market about one year ago. The market is smoothly growing, centering on the U.S. market. There is also market demand for rewritable DVD (DVD-RAM: 2.6 GB/side, phase-change recording). The format was approved last July, and these drives are to be marketed in the first quarter of 1998. Meanwhile, new technologies are being developed for rewritable DVD (~ 5 GB/side), which can replace VCR, and high-definition DVD (~15 GB/side).

This paper describes the current status of DVD, technologies for future DVDs, and the expansion of DVD through the paradigm shift from standard definition (SD) to high definition (HD).

DVD-RAMが市場に

DVDは、映像からコンピュータ分野まで使えるマルチメディア時代の主流のパッケージメディアとして、世界的な規模で注目を集めている。96年8月に再生専用のDVD-Video/ROMのフォーマットが定まりDVD-Bookとして発行され、11月にはVideoプレーヤ、97年初頭にはROMを組み込んだパソコンが発売

された。

一方、データの書換えができるDVD-RAMは、とくにパソコン用途などで期待が大きい。97年7月にフォーマットが定まり、DVD-Bookとして発行された。すでにサンプル出荷が始まっていることから、98年早々には市場に投入され、一般ユーザーが使えるようになる。

このように、第一世代DVDはフォーマットや基本技術が定まったこ

とから、新たなビジネス展開に向け、薄形化、小型化、省電力化、高速化および低価格化など、実用的な技術開発が進んでいる。他方、次世代に向けた大容量の書換えできるDVDや高精細DVDを実現する新しい技術開発も進められており⁽¹⁾、2000年前後には市場に投入されるものと思われる。

以下、DVDの現状技術、次世代に向けたDVDの技術動向、そしてDVDが今後どのように進むかなどについて述べる。

進むDVDの国際標準化

図1に各種DVDフォーマットのレイヤ構造を示す。現在のところ、Video/ROM/R/RAMの四つのフォーマットが定まり、残りのAudioについてもフォーマット作成が進行中である。

DVDは、DFS (De Facto Standard : 実質的な標準) で出発したが、より開かれた技術とするためにISO/IEC

DVD レイヤ	DVD-Video	DVD-Audio	DVD-ROM	DVD-R	DVD-RAM
アプリケーション フォーマット	ビデオ タイトルセット	オーディオ タイトルセット	データ	データ	データ
ボリューム/ ファイル フォーマット	UDF-ブリッジ (UDF, ISO-9660)				UDF
物理 フォーマット	容量：4.7Gバイト/面			3.95Gバイト/面	2.6Gバイト/面
	ROM-TFT			R-TFT	RAM-TFT
ECC, 変調方式, ほか ディスク仕様					

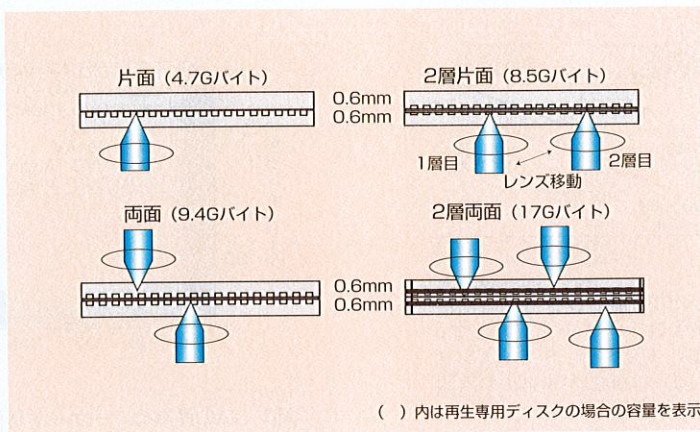
UDF : Universal Disc File system TFT : Track Format ECC : Error Correction Code

図1. DVDフォーマットのレイヤ構造 DVDフォーマットは物理、論理（ボリューム/ファイル）、アプリケーションの三つのレイヤから成る。この内、物理と論理レイヤのフォーマットは国際標準化される予定である。

Layer structure of DVD format

DVDディスクの基本構造 Basic structure DVD disc

DVDディスクは、CDの半分の厚さの0.6mmディスク基板2枚を、記録面を内側にしてはり合わせた基本構造をもち、片面、両面、および2層片面、2層両面の4種類がある。光ヘッドの対物レンズNA (Numerical Aperture)は0.6で、レーザ光源は赤色LD (Laser Diode, 波長: 635/650nm) である。2層ディスクはDVDの特長の一つで、対物レンズをフォーカス方向に移動するだけで、片側から二つの記録面の情報を読み出すことができる。ディスクの片面から読める容量は、通常の片面の



()内は再生専用ディスクの場合の容量を表示

場合のほぼ2倍あり、長時間のソフトや二つのソフトを同時に動作させるなど新しい利用が考えられる。なお、

DVD-RAMおよびRの場合は、記録媒体の特性から通常の片面および両面だけ定義されている。

の国際標準化を進めることになった。表1は種々のDVDディスクの標準化状況をまとめたものである。基本的にはJISとECMA (欧州の情報関係規格協会) 規格を作り、両者の協調のもと、日本からDIS (Draft International Standard) 提案し、国際規格にすることになっている。

表1. DVDの標準化
Current status of DVD standardization

		DVD-ROM	DVD-RAM	DVD-R
JIS規格	120mm	97/10制定	98/1制定	未定
	80mm	98/1制定	-	-
ECMA規格	120mm	97/12制定	98/3~98/6制定	98/6制定
	80mm	97/12制定	-	-
ISO/IEC規格	DIS提案	~97/12	98/3~98/6	98/6

次世代技術開発

書換えできるDVD技術

図2に書換えできるDVDの容量推移と高密度化技術を示す。第二世代は再生専用ディスクの500TV本系に相当する技術であり、再生専用との互換性確保からLD波長や対物レンズのNAなどは変更できない。このため、相変化媒体^(注1)の性能アップや信号処理などで高密度化を図っている。具体的には、①現行DVD-RAMフォーマットを踏襲し、GeSbTe系相変化媒体の性能向上や適応的な記録補償で高密度化を図る方法、②AgInSbTe系相変化媒体にDVD-Rフォーマットを適用し、書

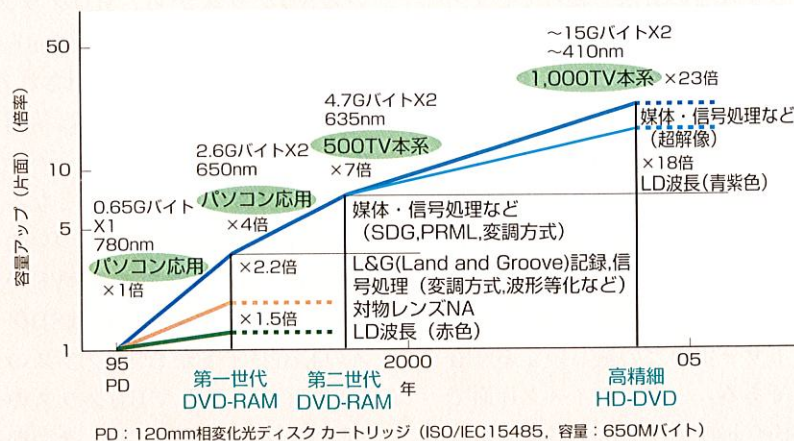


図2. 書換えできるDVDの容量アップと主要技術 PD (またはCD-ROM) を1とした時の容量アップの倍率とこれを実現する上での主要技術を示す。
Capacity and technical trends of rewritable DVD

(注1) 相変化媒体

加熱および冷却過程の差で、結晶相と非晶質相 (アモルファス) の間を可逆的に変化させることにより情報の書換えができる媒体。オーバーライトができ、かつROMディスクと同じように反射率の変化で信号を読み取れる特長がある。

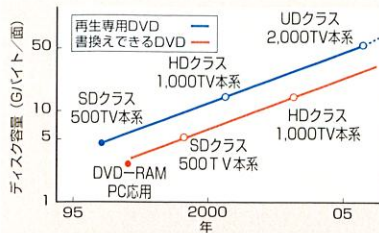


図3. DVDの容量トレンド 映像の高精細化のニーズを先取りして、SDからHD、UDへとパラダイムシフトする。UD (2,000TV本系)の実現は10年後と予想される。
Trends in Capacity of Read-only DVD and Rewritable DVD

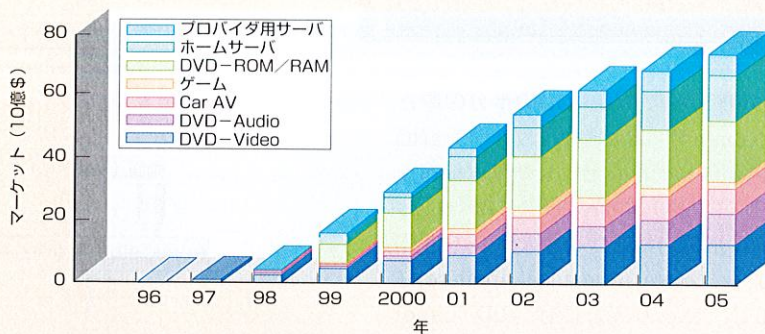


図4. DVD産業のマーケット予測 (全世界) DVD産業 (ハード・ソフトを含む)は、発売開始から10年で10兆円の市場規模に成長することが予測される。
Worldwide Market forecast for DVD industry

換え回数を犠牲にして高密度化を図る方法、③8/12変調やPRML^(注2)などの新しい信号処理方式やトラックピッチを狭める上で効果があるSDG(Step Deep Groove)基板などを用いて高密度化を図る方法などである。どの方法でも容量4.7Gバイト/面は達成可能と思われるが、量産化に適したマージンが確保できるかが課題である。

■ 高精細DVD技術

DVD開発の際、高NA化、波形等化などの信号処理、フォーマット効率アップなどの方法を使ってしまった。このため高精細DVDでは、再生光源短波長化や新しい信号処理方式(PRMLなど)の導入が必須(す)である。この短波長光源としては、最近、室温で3,000h以上の連続発振を達成したGaN系青紫色LDが有力である。ただし、短波長化に伴いディスクチルト^(注3)が厳しくなるため、チルトサーボなどの新しいくふうも必要である。一方、ディスク片面で15Gバイトの大容量化を実現するには、 $\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度の微小ピットを形成する必要がある。DVD用の原盤記録装置は、実用レベルでは最も短波長の紫外光レーザー(波長:351nm)

を用いているが、 $\sim 0.2\mu\text{m}$ の微小ピット形成は難しい。このため、EBR (Electron Beam Recorder)、退色性色素あるいはRIE (Reactive Ion Etching) などを用いて、微小ピット形成技術の開発が進められている。

■ 互換性を確保しさらに発展

DVDは映画というニーズから出発し、可搬メモリの容量が映画・映像を基準に決められることを示した。この映像は、現在広く普及しているSDクラスから、HDクラス、UDクラス(Ultrahigh Definition)へと高精細化することが予想される。このため、DVDもこれら高精細化のニーズを先取りしながら、パラダイムシフトが必要となる。

図3にこれらの考えに基づいた再生専用DVDと書換えできるDVDの容量トレンドを示す。容量はSDクラスの4.7GバイトからHDクラスの $\sim 15\text{G}$ バイト、そしてUDクラスの $\sim 50\text{G}$ バイトへとアップし、その間隔は少なくとも5年前後は必要と見られる。これは、ニーズに適合しながら細切れの容量アップを避け、真に必要なものをユーザへ提供するため

である。そして重要なことは、パラダイム間の互換性の確保である。このためDVDとしての枠組み、物理形状の規定を守りながら、一方では高密度化のための技術進歩を取り入れて大容量化を進めて行くことが必要となる。

図4はDVD産業(ハードおよびソフト)のマーケット予測である。1999年~2000年にかけて書換えのできる次世代DVD-RAMが商品化されることから、DVD-Video、ROM/RAM、ホームサーバなどが急速に立ち上がり、10年後には10兆円(全世界)を超す大きなマーケットに成長するとみられる。

参考文献

- (1) 菅谷寿鴻: 総合報告「書換のできるDVD」応用物理学会 67, 1 (1998)



菅谷 寿鴻

Toshihiro Sugaya

研究開発センター 情報・通信システム研究所 ラボラトリー・リーダー。

DVDの研究・開発に従事。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、画像電子学会会員。

Communication & Information Systems Research Labs.

(注2) PRML(Partial Response Maximum Likelihood)

波形干渉を積極的に利用するPR等化と、等化した信号から元のデータ列に最も近いデータを選択する最尤(ゆう)復号法の組合せにより、従来より低いSN比でも同じエラーレートで情報ビットを検出できる信号処理方式。

(注3) ディスクチルト

ディスクの法線と対物レンズの光軸との角度ずれ。ディスクの反りやクラッキング誤差などで生ずる。チルトがあると対物レンズで集光した光スポットにコマ収差が生じ、信号の書込みや読取りの性能が低下する。